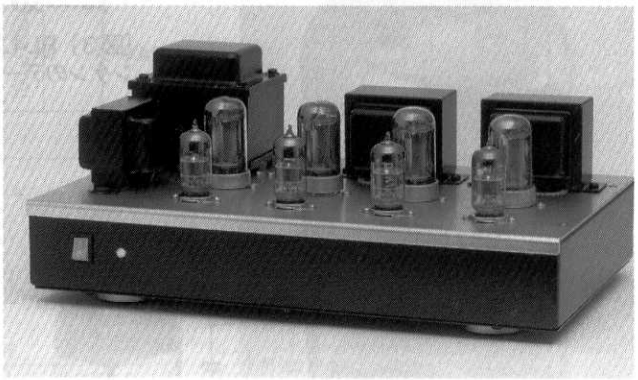
旧ソ連製直熱5極出力管で出力4.5Wが得られた

4P1L パラレルシングル ステレオパワーアンプ

長島　勝　NAGASHIMA Katsu

VACUUM TUBE

現行生産品には存在しない５極直熱出力管を使用したパラシングルアンプ．使用した真空管はすべて旧ソ連製で，初段とカソードフォロワー段には双３極電圧増幅管6H24P，出力段には4P1Lを３極管接続で使用した．初段はSRPP，カソードフォロワー段は双３極管の片ユニットを能動負荷として使用．カップリングにはジェンセンの銅箔フィルムコンデンサー，チョークコイルにはファインメットコア品を使用．スッキリした中低域と高い解像度の再生音が得られた．出力は約4.5W．



直熱５極管の起用

直熱３極管のシングルアンプを作る場合，300B，2A3あたりが選ばれることが多いようです．現在生産されている直熱３極管は，アンプを作るには不向きで高価なものや，大型送信管以外では，上記のほかには211，845，811A，SG50くらいしかないのが現状です．

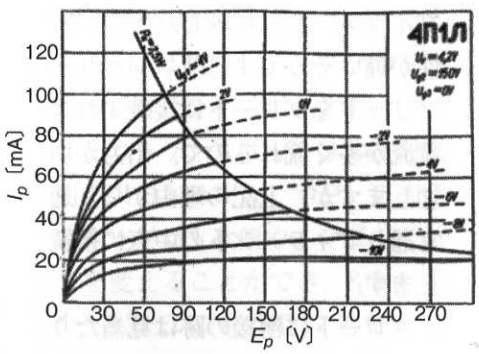
５極管はどうでしょうか．直熱５極管の現行生産品はありません（送信管を除く）．そこで，安価な（1,000円/ １本程度）直熱５極管を秋葉原で探すと，1619，5A6，PEN25，4P1L（4Π1Λ），2E24が見当たります．

今回は，この中から旧ソ連製直熱５極管4P1L（**図１，２**）を選び，３極管接続で使いました．

4P1Lのフィラメント電圧は4.2V，フィラメント電流0.325Aです．フィラメントに中点が出ているためフィラメントを並列にしても使え，そのときは2.1V，0.65Aになります．プレート損失は7.5W，スクリーングリッド損失は1.5Wです．

4P1Lの標準動作例では150Vで使用しています．しかし，最大プレート電圧，スクリーングリッド電圧とも250Vあります．カットオフ時のプレート電圧は300Vです．

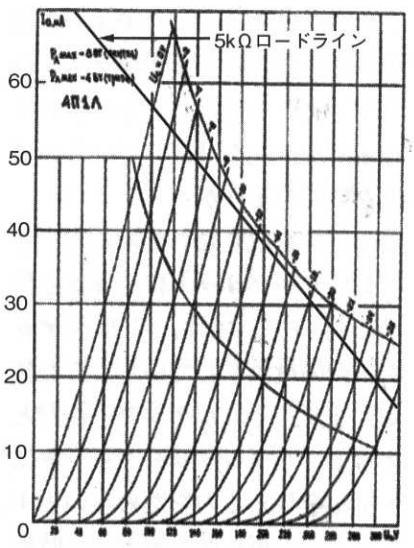
３極管接続時のプレート損失は8Wあります．３極管接続時のμは8，g_mは6mSです．



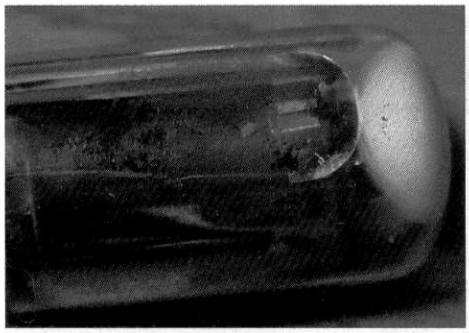
[図1] 4P1LのE_p-I_p特性

中国生産の4P1Lの名称は4P1Sです．中国製の物も秋葉原で入手は可能です（五麟貿易TEL03-5577-5442）．

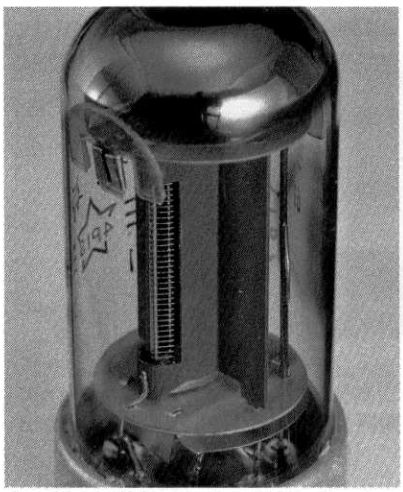
旧ソ連製4P1Lの管内には，皿型ゲッターが管頭部に２個あり，大量にゲッターが飛んでいます．それ以外に，管の側面にも大量のゲッターが飛んでいました．しか



[図2] 4P1LのE_p-I_g特性と5kΩロードライン



割って空気を入れた4P1L．サイドゲッターは白くなっていない

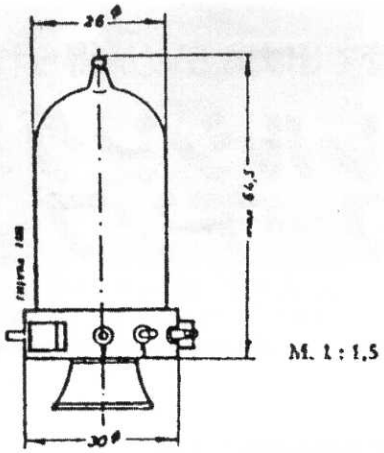


中国製の同等管4P1Sの内部．ゲッターが少ないため，内部構造がよくわかる

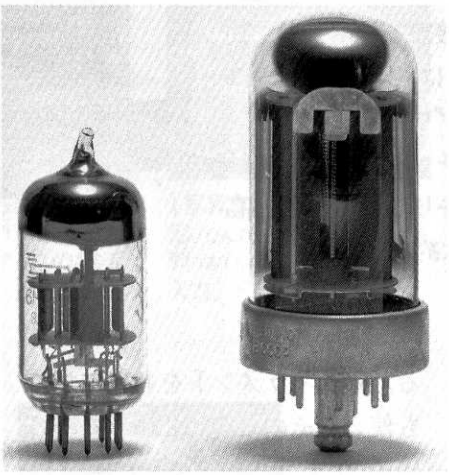
し，サイドゲッター台はいくら眺めても見当たりませんでした．

4P1Lを壊して確認したところ，管頭部のゲッターはすぐに白くなったので，通常のバリウムゲッターとわかりました．しかし，サイドゲッターはまだらにはなりますが，白くはならないのでマグネシウムゲッターのようです．真空引きをしてから，まずマグネシウムゲッターを飛ばし，その後バリウムゲッターを飛ばしているのではないでしょうか．

ガラスを取り除いてみると，サプレッサーグリッドにチョンと何かが付いています．それがゲッター台の役割をしているような気がします．それがゲッター台だとすると，サプレッサーグリッドに＋電圧を与えるのをためらいます．ゲッターを再拡散すると，一時的にガスが出るので，動作が不安定



［図3］RL4.2P6の外観寸法（テレフンケンのデータシートより）



本機に使用した真空管6H24P（左）と4P1L．いずれも旧ソ連製で，現在も秋葉原で容易に入手できる

になってしまいかねません．

普通はサプレッサーグリッドをフィラメントに接続しますが，4P1Lはサプレッサーグリッドピッチが細かく，スクリーングリッドに目合わせしてあるようにも見えます．サプレッサーグリッドの目が細かいため，3極管結合時，プレートに接続したときとフィラメントに接続したときの特性が違いそうです．サプレッサーグリッドをプレートに接続すれば電流が多く流れるので，出力が増加しますが，上記の理由から，通常通りフィラメントの中点に接続します．

プレートに溶接の跡は見当たりませんが，プレートにはジルコニウムが塗布してあるようにも見えます．そうだとしたら，前述の2段ゲッターとともに信頼度を上げるためにコスト無視で作られているのでしょう．

手元にあった中国製も観察しました．中国製は，棒状のゲッターが管頭部に1個，同じ形の物が横に1個付いています．ゲッターの量は少なめです．プレートの色と形状が少し違い，プレートの色はもっと黒っぽくなっています．プレートフィンには多くのスポット溶接の跡が残っています．

両国で大量に生産されていたことなどから見て，軍用管として使われていたのでしょう．

4P1Lの祖先はドイツのRL4.2P6です．現物を見たことはありませんが，大きいエーコン管のような形をしています（**図3**）．高周波で使うために，このような形状になったと思われます．

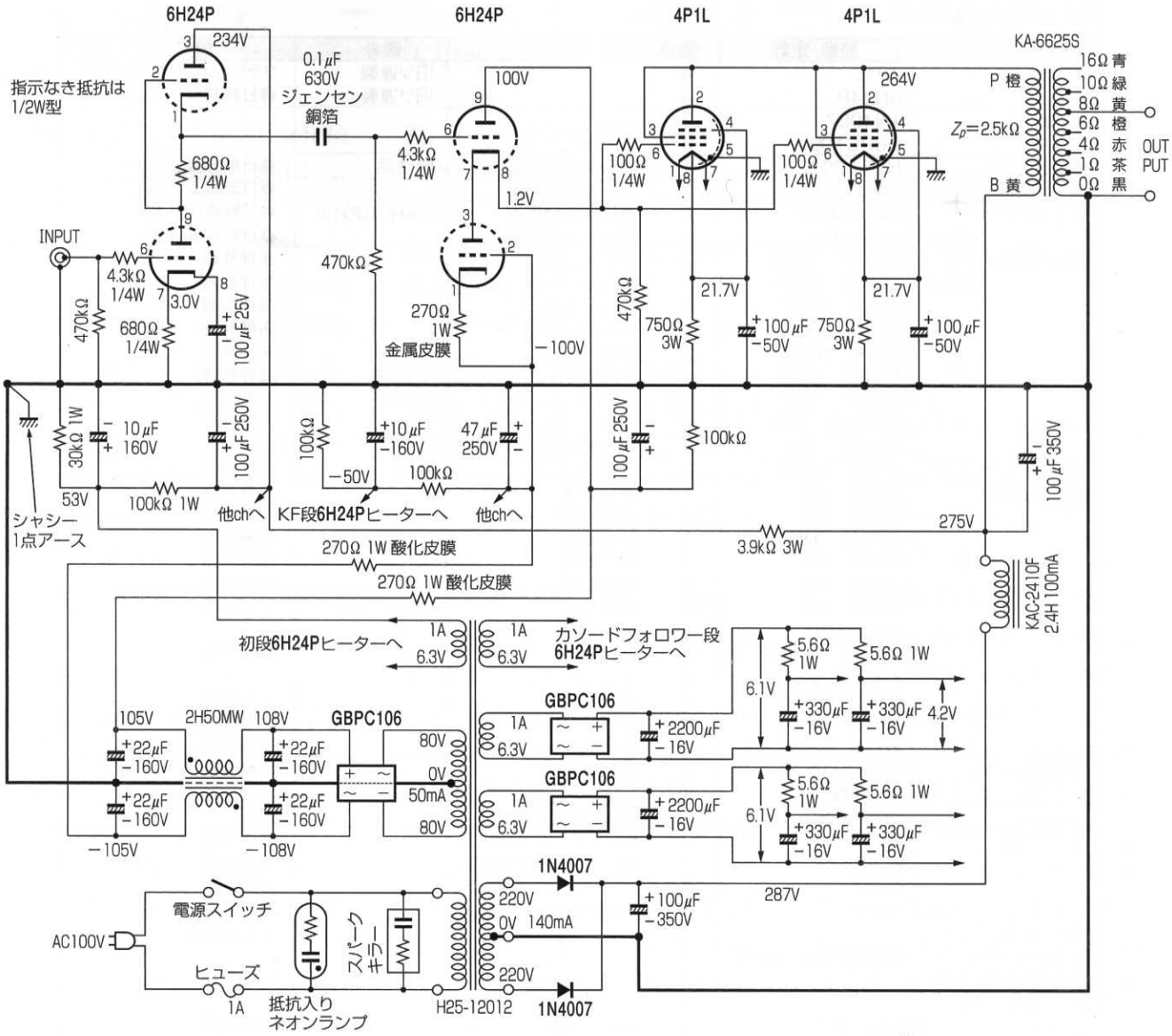
RL4.2P6は，ドイツ空軍のナンバーシステムで採番されています．*Universal Tube Manual*の206番に4P1Lが載っています．その下の4P1という真空管が気になったので調べてみましたが，詳細はわかりません．ほかにAL860という，同規格ですがフィラメント電圧だけが4.8Vになった MT9ピン管もありました．5A6のような使い方をするのでしょう．

また，g_mやフィラメント電圧が違う，5A6も載っていました．4P1Lは5A6の上位管としても使用できると思います．

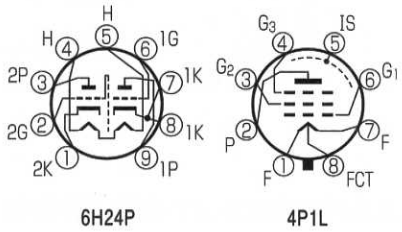
電圧増幅管の選択

出力管が旧ソ連製なので，電圧増幅管も旧ソ連製にして生産国を揃えました．

6H24P（6Н24П）という，あまりなじみのない真空管を使用しま



[図4]本機の回路(片チャンネルは省略)



[図5]本機に使用した真空管のピン接続

した. ヒーターは6.3V/0.3Aです. g_mは12.5mS, μが33です. この定数はECC88 (6DJ8) にそっくりです. それもそのはず, ECC88をカスコード専用管ECC84のピン配列に変えたものがECC89で, その旧ソ連製互換品が6H24Pなのです.

カスコードにした場合, 下側の真空管のカソードリード線が2本あり, 入力側と出力側を分離することによって共通インピーダンスを減らし, ゲインの増大と安定度を向上させています.

ちなみに, ECC88の旧ソ連製相当管はよくいわれる6H1Pではなく6H23Pです. ピン配列を変えたことによって寄生発振しにくくなっているようです.

出力トランスの選択

今回使用した出力トランスKA-6625Sには面白いタップが出ているので解説をしておきます.

このトランスは2.5kΩ 2段増幅用の出力トランスですが, 2次側のタップで1次側のインピーダンスを変えることができ, 8Ωの場合, 3.3kΩにも2kΩにも使えるようになっています.

1Ωタップは3段アンプ用として使用するときに使います. 3段アンプ用の場合には, 2次側巻線を逆さまにし, 16Ωを接地して使います. そのときに8Ωタップとなるのが1Ωタップです. つまり, 3段アンプ用2.5kΩとした場合, 4, 8, 16Ωタップとして使えます. 1次側をひっくり返せばいいじゃないかと思われますが, 1次側で

のため，無帰還とします．

回路

本機の回路と真空管のピン接続，主要パーツを**図4**，**5**，**表1**に示します．

(1) 初段

RCAピンジャックから入った信号は，グリッドリーク抵抗470kΩに入ります．小型アンプでは，ここにボリュームを入れますが，本機は中規模なので省略しました．

その後，発振防止シリーズ抵抗4.3kΩを通り，下側の6H24Pのグリッドに入ります．6H24Pはg_mが大きいため，通常よりも値を大きくしてあります．

NFBを予定していないので，バイアス抵抗を分割せずにバイパスコンデンサーを入れます．前述の通り，この段はSRPPになっています．

バイアス抵抗は680Ωとしました．4.4mAほど流れています．470Ωくらいまで下げて，プレート電流を6mA程度にしてもいいでしょう．

カップリングコンデンサーは，おごってジェンセンの銅箔0.1μFを使いました．

話はそれますが，デンマークのジェンセンの工場に見学に行ったことがあります．高さ1m以上ある機械に2巻の絶縁紙と2巻の銅箔がかかっています．機械のハンドルを手でゆっくりまわしながらキッチリと巻き込んでいきます．途中で引き出し用のホイルを挟んでいくのですが，1日で何個作れるかわからないようなゆっくりとしたスピードです．早く巻くと空気が入って音が悪くなるそうです．また，オイルの含浸に真空を引きながら4週間もかけるそうです．

ジェンセンのコンデンサーは，ラインの入ったほう（外側の箔）を入力側に接続するように指定されています．

(2) カソードフォロワー段

カソードフォロワー段のグリッドリーク抵抗は470kΩにしました．ここのグリッドにも4.3kΩが入っています．

カソードフォロワー段のこの抵抗は22kΩくらいまで大きくしてもよいと思います．音を聴きながら増減してください．この抵抗は，発振防止とカソードフォロワー特有のキャンつきを抑える効果があります．

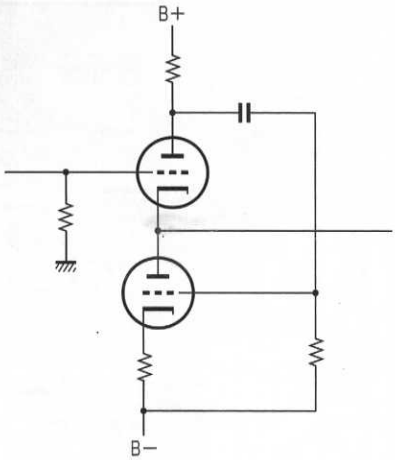
カソードフォロワーの負荷は負荷抵抗の代わりに真空管による能動負荷にしました．

下側の6H24P（1/2）のカソードには270Ωが入っています．この抵抗値でカソードフォロワーの電流が決定されます．電流値は10mAほどです．

バイパスコンデンサーは付けません．バイパスコンデンサーを入れると，下側のユニットにかかっている電流負帰還がかからなくなります．そうすると下側のユニットの内部抵抗が下がり，負荷が重くなって歪みが大きくなります．

上側ユニットのカソード対アース間には，470kΩの抵抗が入っていますが，この抵抗はカソードフォロワー段の真空管が挿さっていないとき，出力段のグリッドが浮かないようにするためです．

カソードフォロワーの出力を2本の出力管グリッドに入れる際，個別に100Ωの発振防止抵抗を入れています．この抵抗は必ず別にしてください．この抵抗値を大きくすると，せっかく送り出しを低インピーダンスにしてグリッド電流に対処しているのに，効果が発揮できません．



[図6] トーテムポール型SRPP

このカソードフォロワーの部分を変更しても面白いと思います．

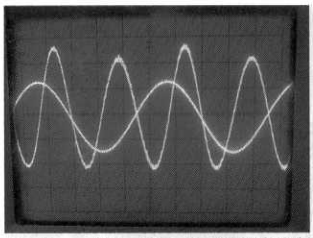
今回の場合は，特性の変化があまり大きくないと思います．もっとグリッド電流が流れる動作の場合は能動負荷のカソードフォロワーをトーテムポール型のSRPP（**図6**）とすると，出力インピーダンスがさらに下がります．そうするとグリッド電流が流れ始めてからの歪率が低下します．その代わり部品点数が増え，また低域の時定数も1個増えてしまいます．

(3) 出力段

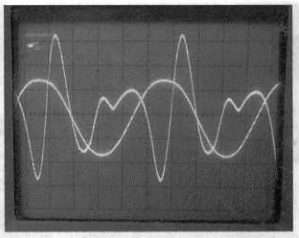
出力管のバイアスは，フィラメントの中点から別々に出しています．フィラメント電源が2本一緒なのでバイアスが独立しているわけではありませんが，出力管1本だけでも使用できるので，このほうが便利です．1本ずつ挿してプレート電流の近いもの同士を2本セットで使用するといいでしょう．

750Ωのカソード抵抗に21.7Vのバイアス電圧が発生しているので，プレート電流は29mAになります．

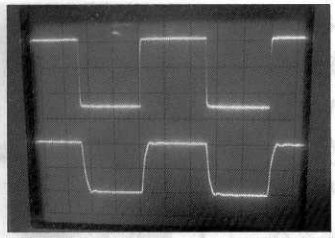
バイパスコンデンサーは100μFとしました．実効プレート電圧は242Vになるので，プレート損失は7Wになります．これは3極管結合時のプレート損失8Wに対



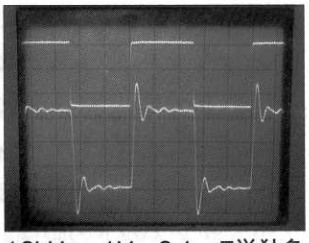
1kHz，1V，8Ωの正弦波応答



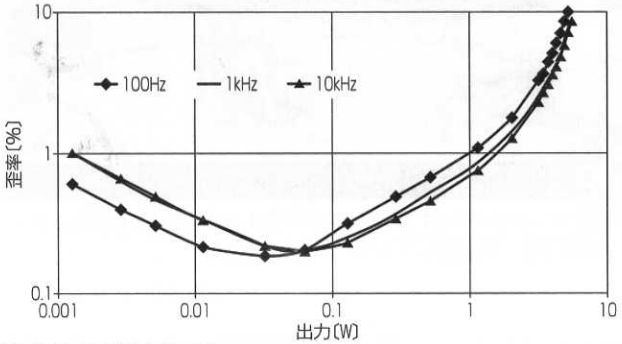
1kHz，5.85V，8Ωの正弦波応答



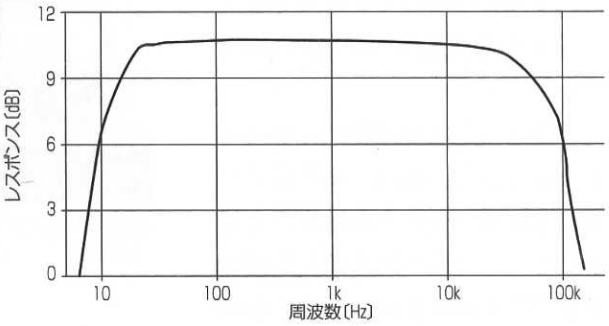
10kHz，1V，8Ωの方形波応答



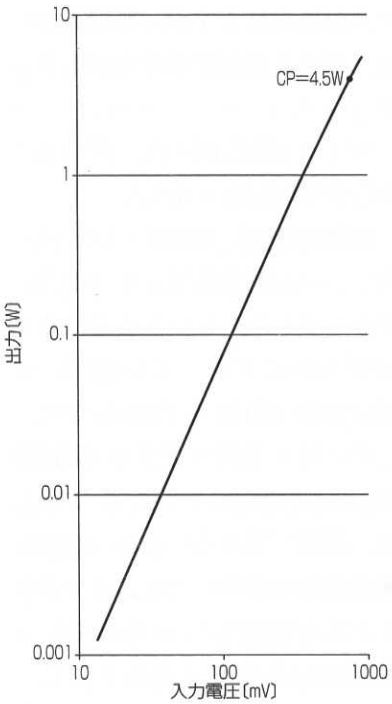
10kHz，1V，0.1μF単独負荷の方形波応答



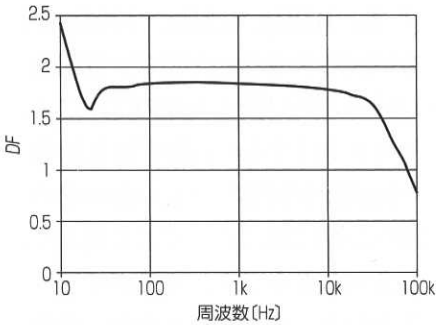
[図8]歪率特性(8Ω)



[図10]周波数特性(8Ω，1V)



[図9]入出力特性



[図11]ダンピングファクター（8Ω）

スコンデンサー100μFを大きくするとなくなります．10Hzあたりでダンピングファクターが高くなっているのは，周波数が低くなって1次側との電磁結合が弱まり，2次側巻線の巻線抵抗分に対するダンピングファクターに近づいていったからです．

消費電力は63W，73VAになりました．

6H24Pの代わりに同一ピン配列のECC84も挿してみました．μが24であり6H24Pより低いので，ゲインは10.8dBと低下しますが問題なく動作します．μが低いほうが直線性がよいのか，歪率は若干下がりました．

SRPPと能動負荷カソードフォロワーなので，上下の真空管（ユニット）にかかる電圧はほぼ変わりなく，そのままで十分使えます．

試聴

ほぼ同規模の2A3シングルと音質を比べてみました．使用した2A3シングルは，6SH7，6SH7チョークコイル負荷カソードフォロワー，2A3の構成で，出力トランスは本機と同じKA-6625Sです．

本機は2A3に比べて中低域がスッキリしており，解像力が格段に高く，楽器がきっちり分かれて聴こえますが，空気感は少し薄れます．4P1Lのほうが最近のソースには合うように思います．

旧ソ連製と中国製とは，緻密さに違いがあるように思いました．旧ソ連製はシャープに音像を描き出します．中国製は，もっとおっとりしています．フィラメントの赤い光が見えないと寂しいという方には中国製をお勧めします．

試聴は，本誌1月号のクラシック新譜紹介に掲載されていたブルックナー交響曲3番「ワグネル」で行いました．弦のボウイングがはっきりとわかります．全員前を向いて演奏しているため，違いが大きく出るようです．第1ヴァイオリンが左右逆の配置になっているのも新規軸でした．このソースは音質差を出しやすいソフトといえそうです．

ECC84については，動作チェックだけで試聴はしませんでした．

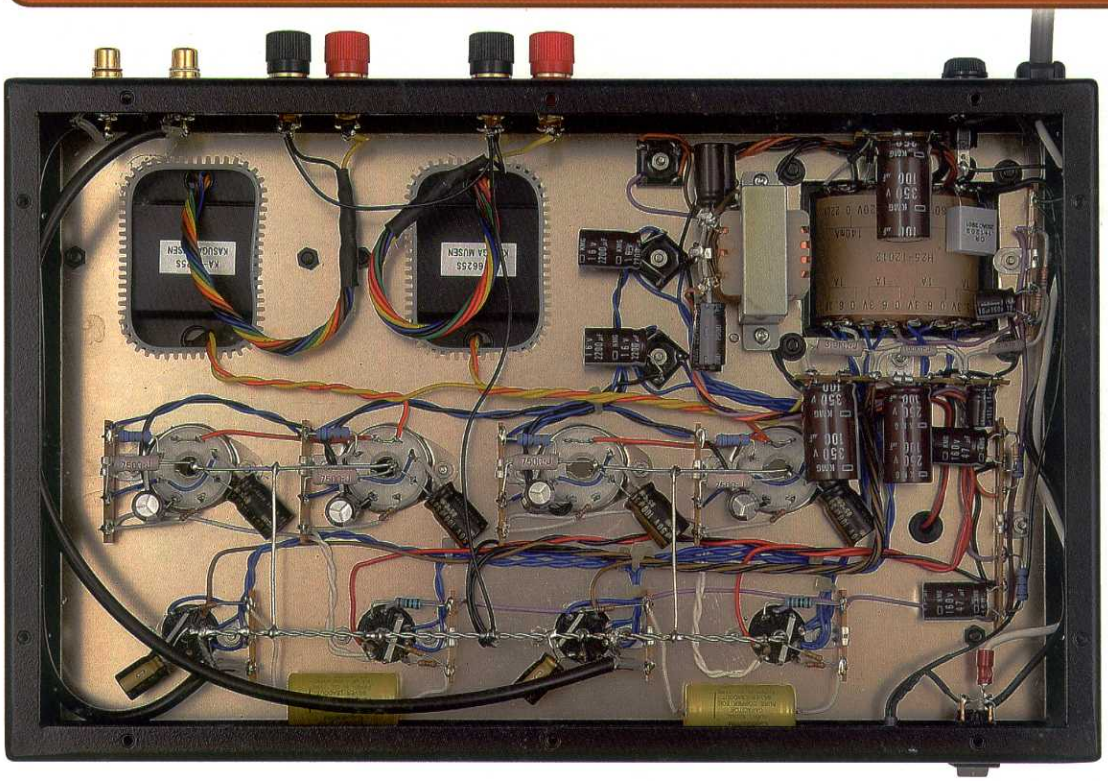
MJ REVIEW

製作記事は71ページより

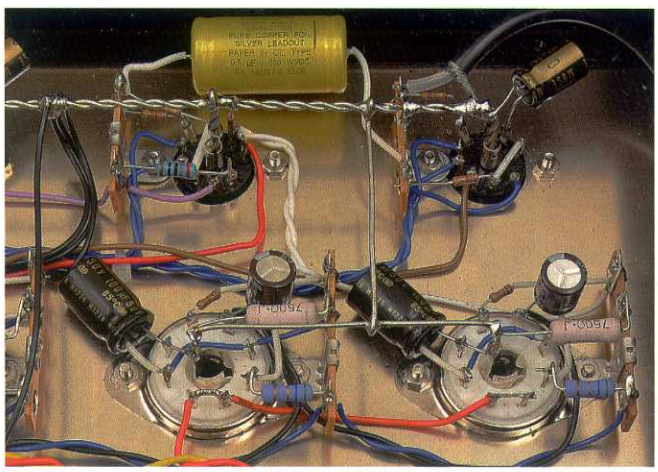
現行製品には存在しない直熱5極出力管を使用したパワーアンプ．出力管は旧ソ連製のGT管4P1Lを採用．電圧増幅管にも旧ソ連製の双3極カスコード専用管6H24Pを起用して統一を図った．4P1Lは3極管接続で使用したが，シングルでは1W程度の出力なので，出力段をパラシングル構成として4.5Wを得た．初段は6H24PのSRPP，次に6H24Pによる能動負荷カソードフォロワーを介して出力管をドライブしている．ヒーター，フィラメントは直流点火．解像度の高い再生音が得られた．

旧ソ連製直熱5極出力管で出力4.5Wが得られた
4P1Lパラレルシングルステレオパワーアンプ

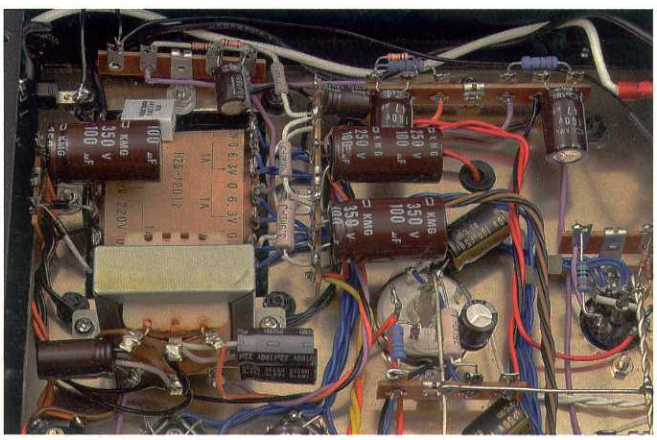
長島　勝
NAGASHIMA Katsu



増幅部はMT管ソケットのセンターピンに渡されたアース母線を中心にCR類を配置．電源まわりは電源トランスの周囲にラグ板を立ててパーツを実装している．基板タイプの電解コンデンサーを多用した



1チャンネル分の増幅部．パラシングルなので出力管まわりのパーツ配置や配線は2本ともまったく同じ



電源部は部品点数が多く，パーツ配置も立体的になっている．チョークコイルに取り付けられた電解コンデンサーが2段になっていることに注意